LA

TOPOGRAFÍA SÍSMICA

DE LA

SIERRA COSTANERA DE CALIFORNIA

I EL

Movimiento sísmico del 18 de Abril de 1906

POR EL

Conde de Montessus de Ballore
(Director del servicio sismológico de Chile)

SANTIAGO DE CHILE
IMPRENTA CERVANTES
BANDERA, 50

1909

*551.7 M76s

CALIFORNIANA

SAN FRANCISCO
PUBLIC LIBRARY

SAN FRANCISCO PUBLIC LIBRARY
3 1223 90159 2957

REFERENCE BOOK

Not to be taken from the Library

Digitized by the Internet Archive
in 2013

http://archive.org/details/latopografiasism00mont

LA

TOPOGRAFIA SÍSMICA

DE LA

SIERRA COSTANERA DE CALIFORNIA

I EL

Movimiento sísmico del 18 de Abril de 1906

POR EL

Conde de Montessus de Ballore
(Director del servicio sismológico de Chile)

SANTIAGO DE CHILE
IMPRENTA CERVANTES
BANDERA, 50

1909

*551.2
M76t

797335
REFERENCE
do not lend

29228—Imp. Cervantes.—Bandera, 50

LA TOPOGRAFÍA SÍSMICA

DE LA SIERRA COSTANERA DE CALIFORNIA I EL MOVIMIENTO SÍSMICO DEL 18 DE ABRIL DE 1906.

POR EL

CONDE DE MONTESSUS DE BALLORE

(Director del Servicio Sismolójico de Chile).

Desde el gran temblor de Lisboa, del 1.º de Noviembre de 1755, verdadero acontecimiento histórico, ningun desastre sísmico ha hecho, sin duda, tanto ruido en el mundo, como el de San Francisco del 18 de Abril de 1906, sea por que le siguió un terrible incendio que redujo a cenizas unos 22,000 edificios en una sola ciudad, o sea porque es el primero que ha sido acompañado de cambios importantes de relieve topográfico en una estension enorme, a lo ménos en un pais cuyas vicisitudes se esparcen rápidamente en todas partes por el telégrafo i la prensa, en lugar de atraer sólo la atencion de los círculos científicos. Por este último motivo sobre todo, este terremoto presenta el mayor interes, puesto que suministra una prueba de hecho i de las mas demostrativas que se puede desear en apoyo de la teoría tectónica tan reciente de los movimientos sísmicos. Ademas tuvo lugar aquel terre-

moto en un pais en que nació la espresion mui sujestiva de «Topografía sísmica», por haber los movimientos tectónicos, o sísmicos, lo que es igual, imprimido al relieve del suelo un sello especial i característico, cuyo orijen no deja ninguna

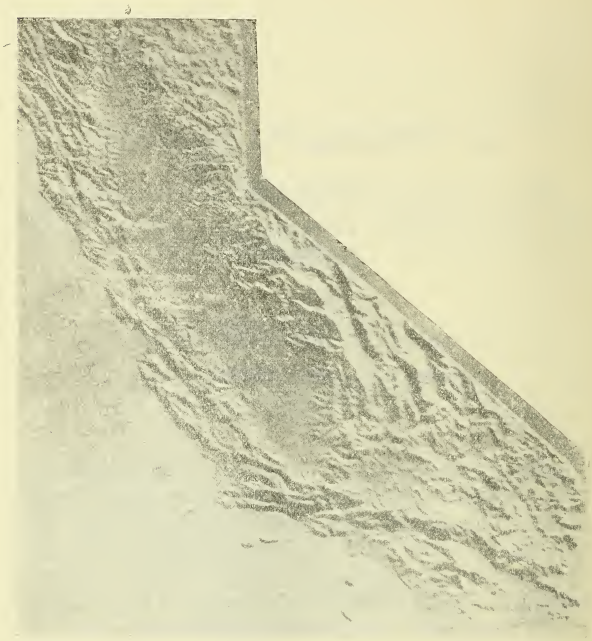

Fig. 1.—Relieve de California

duda en el espíritu del observador. Por esto, el terremoto de California merece un estudio detallado, i es fácil hacerlo ahora, merced a los numerosos trabajos de que fué objeto de parte de los jeólogos norte-americanos, aunque no se haya publicado hasta la fecha ninguna obra de conjunto respecto de este fenómeno.

Los documentos de los cuales se puede disponer actualmente, (1) i a los cuales se añadirá el resultado de las observaciones personales que pudimos hacer durante una estadía demasiado corta en el pais, bastarán, sin embargo, para que sea interesantísimo esponer claramente los hechos tectónicos relativos a este gran acontecimiento sísmico i mostrar, al mismo tiempo, cuán profunda impresion han dejado en la Sierra costanera de California los fenómenos anteriores del mismo orijen; entre ellos, los unos son conocidos en la historia sísmica del pais, miéntras que los otros, que sucedieron en la penumbra de los tiempos jeolójicos mas recientes, están claramente atestiguados por los efectos que se pusieron a la vista de todos, el 18 de Abril de 1906, aunque en menor escala, cuando la naturaleza se dejó sorprender *flagranti delicto*.

Desde largo tiempo los jeólogos del oeste de los Estados

(1) (John Casper) Branner. Geology and the earthquake.

(Ch.) Derleth Jr. The destructive extent of the California earthquake of 1906; Its effects upon structures and structural materials, within the earthquake belt.

(Harold W.) Fairbanks). The great earthquake rift of California.

(Grobe Karl Gilber). The investigation of the California earthquake of 1906.

(David Starr) Jordan. The earthquake rift of april, 1906.

(F.) Omori. Preliminary note on the cause of the California earthquake of 1906.

(Stephen) Taber. Local effects of the California earthquake of 1906.

(Estos artículos han sido reunidos despues en un volúmen: The California earthquake of 1906. San Francisco 1907).

(Andrew C.) Lawson and (A. O.) Leuschner. Preliminary Report of the State investigation Committee. (Berkeley, 1906).

The San Francisco earthquake and fire of april 18, 1906, and their effects on structures and structural materials. Reports by Grove Karl Gilbert, Richard Lewis Humphrey, John Stephen Sewell and Frank Soulé. (Un. St. geological Survey. Bull. número 324. Series B. Washington. 1907).

The effects of San Francisco earthquake of april 18th, 1906, on engineering constructions. (American Soc. of civil engineers. Trans. LIX. p. 208. 1907).

Unidos conocen exactamente el oríjen tectónico de los temblores de California i luego despues de haber percibido el terremoto del 18 de Abril de 1906, pensaron que, sin duda alguna i a consecuencia de la intensidad misma del fenómeno, una de las grandes fallas lonjitudinales del pais acababa de mecerse i que habia tenido que producirse algun cambio de consideracion en el relieve. Eran impulsados hácia esta deduccion por la esperiencia del pasado i particularmente por el recuerdo de los terremotos del Fuerte Tejon (9 de Enero de 1857), de San Francisco (21 de Octubre de 1868) i del valle de Owen (26 de Marzo de 1872), para citar sólo los mas demostrativos i mejor estudiados. Tuvieron lugar en tres partes diferentes de California, un hecho que prueba por sí mismo la jeneralidad del *processus* tectónico como causa de los fenómenos sísmicos entre la Sierra Nevada i la costa del Pacífico. Una vez restablecidas las comunicaciones telegráficas interrumpidas por el terremoto, los primeros telegramas que se recibieron, probaron lo exacto de estas previsiones i se averiguó pronto que la gran falla Tomales-Portolá se habia abierto de nuevo i debia haberse mecido horizontalmente en la enorme distancia de 192 millas entre Point Arena, al norte, i Chittenden, al sur. Así los grandes terremotos de California resultan de movimientos tectónicos i orojénicos, cuyos efectos sobre el relieve se observan fácil e inmediatamente, miéntras que las pequeñas sacudidas ordinarias son orijinadas por la tendencia de los bloques terrestres, rotos i mecidos, hácia el equilibrio i hácia el ajustamiento mutuo, o sea, preparan i anuncian la próxima perturbacion.

Se trata de probar aquí la exactitud de estas afirmaciones por el estudio de los fenómenos observados en el terremoto del 18 de Abril de 1906 i, al mismo tiempo, de mostrar que la topografía de California resulta directamente de numerosos sucesos tectónicos, o sísmicos, análogos, los que principiaron a fines de la éra terciaria i prosiguen sin interrupcion hasta nuestros dias. La evidencia con que los hechos se manifiestan en la Sierra costanera de California ayudará, sin

duda, a que se estendiesen estas consecuencias a otras rejiones inestables, cuyos temblores son todavía mas o ménos misteriosos i carecen de relacion tanjible con la orojenia local.

A primera vista el exámen de un relieve de California muestra que este pais se caracteriza por una serie de rasgos jeográficos paralelos i orientados groseramente del NNW. hacia el SSE. Son la Sierra Nevada, las cuencas de sentidos contrarios de los rios Sacramento i San Joaquin, la Sierra costanera, la costa del Pacífico i en fin la pendiente subma-

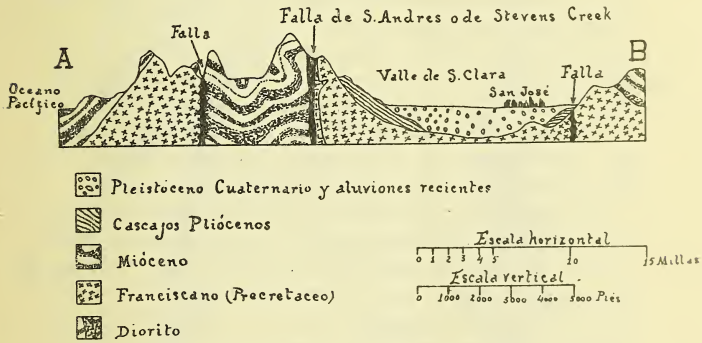

Fig. 2—Seccion AB a traves de la cordillera costanera i del valle de Santa Clara.

rina rápida que baja hasta la curva isobática de 4,000 metros, que se mantiene paralela a la costa i en una distancia media de unas cien millas. Hasta la fecha esta configuracion casi jeométrica ha resistido al efecto destructor de los ajentes atmosféricos de erosion i de denudacion; su orijen es, por consiguiente, jeolójicamente reciente, i puesto que estas arrugas o pliegues del terreno están alternativamente elevados i deprimidos, resulta para el conjunto una sucesion de fajas de la corteza terrestre, las que los fenómenos orojénicos han dejado en alturas desiguales. Es ésta una de las cir

cunstancias clásicas de las que favorecen mas la inestabilidad sísmica, como lo comprueba el estudio de las rejiones espuestas a los temblores.

La Sierra costanera se asemeja sobre manera al Jura, en el sentido de que presenta tambien una serie de arrugas paralelas de segundo órden, i las principales de las que la dividen lonjitudinalmente son los valles de los rios Eel i Salinas i las zanjas de las bahías de Tomales i de San Francisco, En toda su lonjitud, esta sierra presenta si no una estructura jeolójica constante i uniforme en todas sus partes, una constitucion bastante análoga para que una sola seccion trasversal, por ejemplo al sur de San José, baste para dar una idea exacta de su configuracion jeneral.

En esta seccion EW., resulta que, a lo ménos sobre el paralelo de San José, las dos vertientes de la Sierra costanera están formadas por capas franciscanas (precretáceas), que comprenden entre sí un bloque de capas miocénicas plegadas, i que limitan entre sí dos fallas paralelas, la de San Andres o de Steven's Creek, i otra mas próxima al Pacífico.

En la vertiente occidental de la Sierra, el terreno mioceno ha desaparecido casi completamente, miéntras que, al este, no se lo vuelve a encontrar sino mas allá de una tercera falla paralela situada al otro lado del valle de Santa Clara, cuyo fondo está recubierto por aluviones recientes que descansan directamente sobre capas franciscanas. Eyecciones de diorito i de basalto se alínean aquí i allá sobre las tres fallas, sin que se hayan erijido aparatos eruptivos esternos; por decirlo así, las materias volcánicas han babeado por las fracturas. Tal es el oríjen de la escarpa de basalto columnario de San Francisquito, cerca de la célebre Universidad de Stanford, tal es el oríjen del raudal de lavas mas recientes al SW. de este establecimiento i tal es el orijen de numerosas vetas de basalto que se encuentran en muchos puntos del valle de Santa Clara. Pero debe notarse sobre todo el levantamiento de los cascajos pliocénicos a lo largo de las dos vertientes del valle lonjitudinal de Santa Clara, lo que prueba cuan recientes son los últimos movimientos tectónicos a los cuales la sierra cos-

tanera debe su relieve actual. El plegamiento del terreno miocénico en el corazon mismo de la cadena corrobora tam-

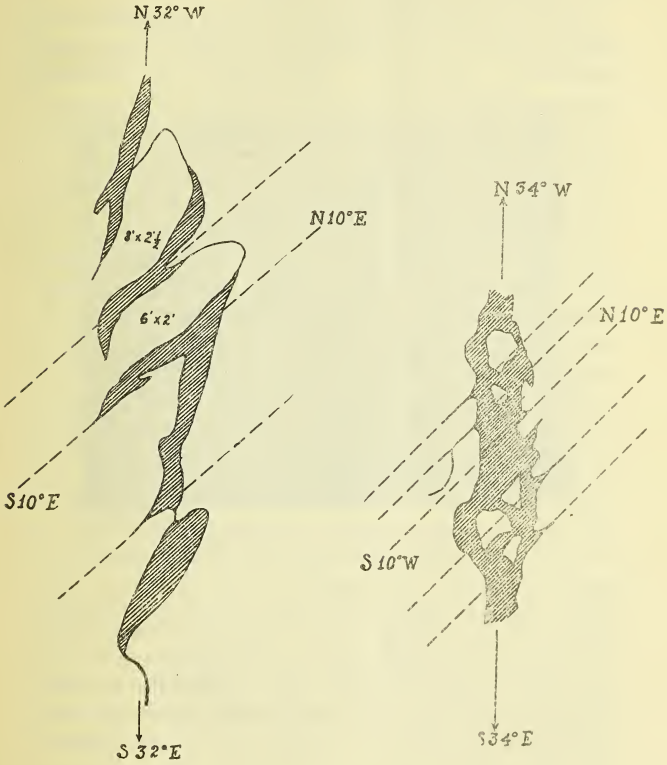

Fig. 3—La falla cerca de Manchester.

bién la poca antigüedad de los esfuerzos orojénicos a lo largo de la costa del Pacífico. Numerosas fracturas trasversales atraviesan la sierra costanera i muchas veces el estado

de frescura de sus paredes peñascosas i de los conos de deyecciones construidos a la salida de los valles correspondientes, atestiguan la juvêntud del relieve.

Las fallas lonjitudinales dominan toda la topografía de la sierra costanera i han determinado la posicion de los valles principales, o depresiones lonjitudinales de la California, no sólo a consecuencia de los movimientos de levantamiento o de baja de los bloques terrestres limitados entre ellas, sino tambien porque los ajentes destructores de erosion, de denudacion i de arrastramiento, han hallado en su curso mayores facilidades para ejercerse. En efecto, una falla no es una fractura recta de las capas terrestres a lo largo de un plano jeométrico; al contrario, se presenta como una línea mas o ménos sinuosa, cuya rectitud no tiene sino una significacion jeográfica. Por poco que la falla haya sido en el momento de su formacion, o sea mas tarde i varias veces, el teatro de movimientos horizontales o verticales, los que se reconocen fácilmente i largo tiempo despues en el terreno, las rocas habrán sido aplastadas, molidas o desagregadas por el deslizamiento de las paredes de la falla, lo que pone en contacto mútuo las partes convexas, o cóncavas, de la misma manera. En el primer caso, se producen arrugas en relieve por el acumulamiento de las materias trituradas i en el segundo, se forman depresiones por su caida entre los labios del accidente. Los modales de unos i de otros no presentan ninguna dependencia directa con la topografía jeneral del conjunto, es decir la que resulta de la degradacion del relieve mas antiguo, hecho que precisamente da a conocer el orijen sísmico de estos rasgos particulares. En efecto hasta cierta distancia de la falla, unos cien metros poco mas o ménos, no se encuentran bloques de roca que tengan dimensiones notables.

En caso de que lo favorezca la naturaleza de las rocas, las depresiones así producidas se llenan de agua i se forman estanques, cuya existencia i situacion topográfica parecen del todo anormales respecto a los declives jenerales del terreno circunvecino, miéntras que las arrugas pueden cerrar los

valles, cuyo réjimen hidrográfico superficial será completamente cambiado i hasta trastornado. En ciertos casos favorables, los materiales aplastados i desagregados en la vecindad inmediata de la falla ofrecerán ménos resistencia que en otras partes a las acciones químicas que las trasforman lentamente en arcillas impermeables, con lo que perturbará

Fig. 4.— Deslizamiento de terreno en el valle de San Jacinto

el réjimen hidrográfico subterráneo. Así se formarán fuentes i manantiales nuevos de agua, cuya situacion influye mucho sobre la de las haciendas i otros establecimientos agrícolas i a veces aun sobre la de las aldeas i hasta de las ciudades.

Sin que sea menester hacer estudios jeolójicos o petrográficos para saber si una brusca desnivelacion del terreno corresponde a una verdadera falla, en una palabra, para enterarse de si las rocas son o no idénticas por cada lado del accidente, o de la misma época jeolójica, bastan jeneralmente escarpas i deslizamientos de terrenos para señalar la fractura terrestre a los ojos ménos peritos.

Todos estos rasgos topográficos se reconocen fácilmente i

constituyen la *topografía sísmica,* así llamada porque las fallas que la orijinan no se mecen cuando existen anteriormente, o no se producen en caso contrario sin grandes terremotos, como lo han probado los violentos seismos de California en los años de 1857, 1872 i 1906. De estos fenómenos no se estudiaron científicamente sino los de 1872 i de 1906, que han suministrado la prueba mas demostrativa de la dependencia íntima que existe, en este pais, entre las formas del terreno i los movimientos tectónicos que producen terremotos destructores. Sin embargo, pasaremos en silencio el de 1872 (Owen's valley) por haber sucedido fuera de la sierra costanera.

Sin trazar las isoseistas del desastre de 1906, trabajo reservado a los jeólogos que se dedican actualmente al estudio de este gran acontecimiento sísmico, las observaciones mas inmediatas i sencillas prueban que este fenómeno se ha producido a lo largo de una zona cuya lonjitud es enorme relativamente a su anchura i que corre paralelamente a la costa del Pacífico. Para convencerse de esto, basta notar que si se observaron daños entre puntos distantes de 200 millas del norte al sur, al contrario, su decrecimento ha sido mui rápido en el sentido trasversal, del oeste al este.

Escluyendo algunas anomalías que se esplican siempre con facilidad en consecuencia de diferencias en lo tocante a la constitucion i a la cohesion del suelo i por la diferencia entre la intensidad real del choque sísmico i sus efectos, el decremento trasversal de los daños se ha manifestado como sigue: a cinco millas de la zona de los mayores estragos, pocas casas de maderas se separaron de sus cimientos, ningun árbol se quebró, la mitad de las chimeneas quedaron intactas i las grietas del suelo se cerraron inmediatamente; a 20 millas ha sido escepcional observar chimeneas derribadas i muros agrietados, miéntras que todas las casas de madera quedaban exentas de algun daño; no hubo deslizamientos de terreno i no despertó toda la jente que dormia; en fin no se produjo ningun daño a 25 millas de distancia. Con esta enorme lonjitud de 200 millas de la zona de los

efectos materiales respecto de su anchura, estamos mui léjos del tipo clásico de irradiacion del movimiento sísmico al rededor de un centro. Estas observaciones denotan por sí solas una perturbacion tectónica de forma lineal. Como se verá, los efectos del terremoto sobre el suelo confirman claramente esta interpretacion del fenómeno del 18 de Abril de

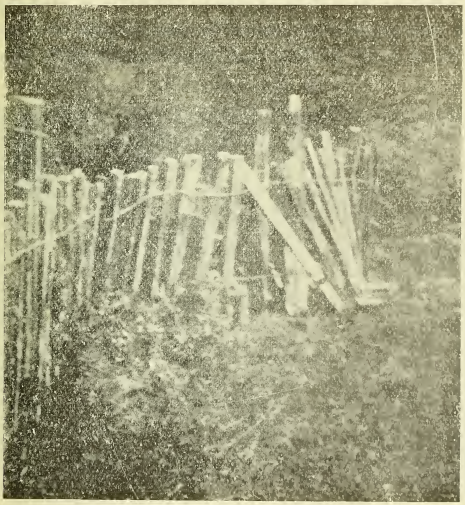

Fig. 5.—Cerca de Fort Ross Cerco desviado en 9 pies por la falla

1906 i, al mismo tiempo, se describirán los rasgos de la topografía sísmica a lo largo de la falla Tomales-Portolá, o de San Andres-Steven's Creek.

Pero en primer lugar i a título de advertencia previa, se debe observar que se distinguirán cúidadosamente los efectos sobre el suelo segun resulten de movimientos tectónicos a lo largo de la falla, o de agrietamientos i deslizamientos de terreno. Estos últimos son orijinados por una cohesion insuficiente de las capas superficiales i por su situacion peli-

grosa relativamente al declive de las rocas subyacentes; como se debia prever, se produjeron a distancias bastante grandes de la falla, pero no influyeron sobre la superficie, miéntras que, al contrario, la falla se ha mecido en las rocas sólidas hasta una profundidad, a la verdad desconocida, pero que, segun observaciones precisas, alcanzó a 700 piés en un punto, como se dirá mas adelante. Las sacudidas consecutivas han sido poco numerosas, lo que prueba tambien que dicha profundidad ha sido mui grande; teniendo ellas que propagarse a traves de una espesa masa de rocas, no han podido llegar hasta la superficie bajo la forma de temblores sensibles al hombre. La grande estension superficial de la dislocacion constituye otro argumento en el mismo sentido. En el norte, el terremoto se hizo sentir ya con mucha fuerza en Eureka i Humboldt-Bay i se sabe que se trata aquí de un centro importante de ajitacion sísmica, como lo hemos probado hace tiempo (1).

Un poco mas al sur, mar adentro del Cabo Mendocino, el terremoto se sintió fuertemente a bordo del navío *Argo*, e inmediatamente despues se produjo un oleaje estraño que, durante algun tiempo, rompió las olas largas i regulares del oleaje normal. Precisamente esta rejion marítima es conocida (1. c.) por ser mui a menudo el teatro de temblores submarinos. No se sabe con certeza si la falla Point Arenas-Portolá, que llamaremos de aquí adelante la falla sísmica, corta o nó el macizo del Cabo Mendocino, pero parece harto verosímil que esté representada aquí por un valle submarino de la misma direccion i en prolongamiento exacto de la parte meridional del accidente tectónico, que principia en Point-Arenas. Este valle separa el cabo de otro macizo que se encuentra mas mar adentro i cuya cúspide no alcanza hasta la superficie oceánica. A consecuencia de la observacion hecha a bordo del *Argo*, se ha deducido que este valle indica el trayecto de la falla hácia el norte i que los movi-

(1) Les Etats-Unis sismiques (Arch. Sc. ph. nat. de Genéve. Mars. 1898).

mientos tectónicos han empezado a la altura del Cabo Mendocino. Nada se opone a estas opiniones, ámbas mui plausibles por sí mismas, pero que carecen de prueba.

Sea lo que fuere, la falla sísmica toma tierra en Point-Arenas, i si está indicada ya mas al norte, en Shelter Cove, como lo piensan algunos jeólogos, habria sido encorvada hácia el este. En todo caso, su existencia cierta principia cerca de la embocadura del rio Adler, i aquí solamente empieza su largo trayecto rectilíneo hácia el SSE., al mismo tiempo tambien que los movimientos del terreno del 18 de abril de 1906.

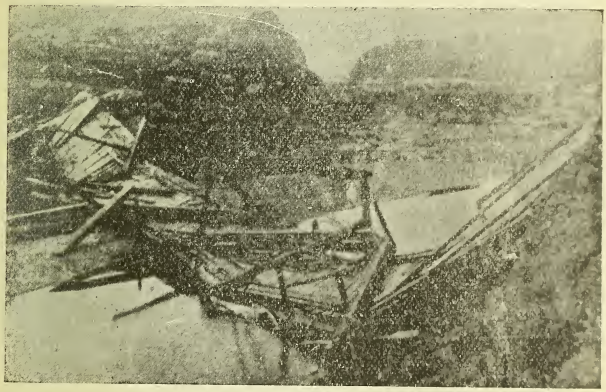

Fig. 6.—Puente sobre el rio Alder Creek

Los valles de los rios García i Gualala señalaron la marcha de la falla hácia el sur. En esta rejion, esta falla atraviesa las primeras alturas, describiendo, segun las diferencias de cohesion, *zig-zags* a traves de arcillas negras mas o ménos compactas, en las que traza profundos surcos, sin dejar de mantenerse en la direccion NNW.-SSE.

Por un fenómeno bastante estraño, los daños empiezan sin gradacion previa en esta rejion i alcanzan su mayor importancia en las villas de Manchester i de Point Arenas, cuyas

casas fueron todas arrastradas de sus cimientos. El magnífico faro de Point-Arenas se destruyó. La falla pasó exactamente bajo un puente del Rio Adler, que se derribó. Aquí empiezan los efectos visibles del movimiento de la falla, con los que se manifestó a los ojos del público no jeólogo por una inmensa grieta en las vertientes de las colinas, i cuyos labios se desnivelaron uno relativamente al otro i con una profundidad

Fig 7.—Terreno comprimido i hundido en el trayecto de la falla cerca de Fort Ross

que oscilaba entre 10 i 20 piés. Aquí donde se podia observar la desnivelacion, se habia producido ella en el sentido del descenso del labio oriental. En los terrenos bajos, la falla se señala por una serie de pequeños estanques. Cerca de Manchester, no constituye una hendidura bien definida, pero sí una serie de grietas oblícuas relativamente a su direccion jeneral, una estructura que indica un movimiento horizontal mutuo, que ha desgarrado i arrastrado el terreno superficial. Varios cercos de hacienda se cortaron i sus estremidades no se corresponden ya. Este efecto demuestra mejor que cual-

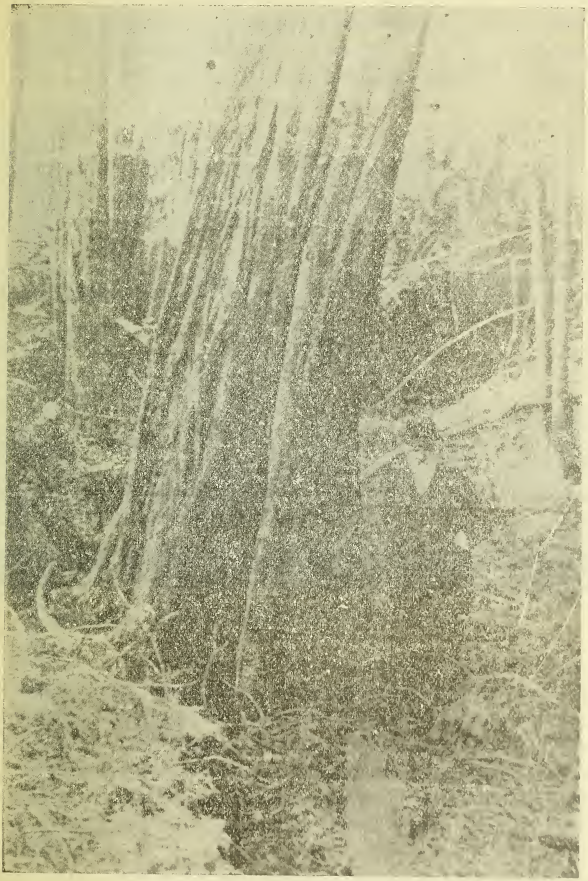

Fig. 8.—Sequoia hendido sobre el trayecto de la falla

quier otro la realidad del movimiento horizontal relativo de los dos compartimientos de la marquetería terrestre separados por la falla; alcanzó desde luego su máximum en el sur del condado de Mendocino, i su amplitud fué en término medio de 16 piés, alcanzando a veces a 20.

Fig 9.—Vista a bajamar del fondo de la bahia de Tomales levantado por la falla

En seguida la falla pasa el Rio Gualala, en donde su movimiento derribó hileras de Redwood trees (Sequoia sempervivens) i de ellos muchos fueron hendidos hasta de 75 i 100 piés encima del suelo, cuando se encontraban en el trayecto mismo del accidente. Este mismo efecto no se produjo mas allá de 500 piés de la falla, miéntras que el movimiento sísmico propiamente dicho quebró algunos de estos árboles hasta en una distancia muchas veces mayor. La pequeña villa de Fort Bragg ha sido dañada lastimosamente e incendiada despues, lo mismo que muchas otras.

Mas léjos la falla desaparece debajo del océano a dos millas de Fort Ross, donde el choque fué mucho mas fuerte que en San Francisco; ella sigue mui cercana a la costa del condado de Sonoma i vuelve a tomar tierra a traves de Bodega Head, para seguir exactamente el eje de la Bahía Tomales i alcanza la de Bolinas despues de haber atravesado el macizo

Fig. 10.—La falla atravesando una pendiente

desigual i pintoresco de Tamalpais. La Bahía Tomales es una de estas depresiones lonjitudinales características de la sierra costanera, las que deben su existencia a la falla en tiempos mas o ménos remotos. En la estremidad setentrional de la bahía, el trayecto de la falla a traves de las breñas i de las malezas recuerda de una manera singular el tránsito de una máquina de segar en medio de un campo de trigo.

Los daños fueron considerables en el condado de Marin. Numerosas grietas paralelas a la falla se abrieron a cada lado de ella i siguieron por millas i millas la vía del ferro-

carril entre Tomales i Point Reyes; varios hoteles fueron derribados i las aguas de la bahía se retiraron para volver en forma de una grande ola. Durante mas de un año pudieron verse en la bajamar arrugas rectilíneas orijinadas por las ondas sísmicas gravíficas, cuya existencia está bien comprobada ahora; pero estos efectos secundarios son debidos a la incoherencia del terreno i no tienen nada de jeolójico. En

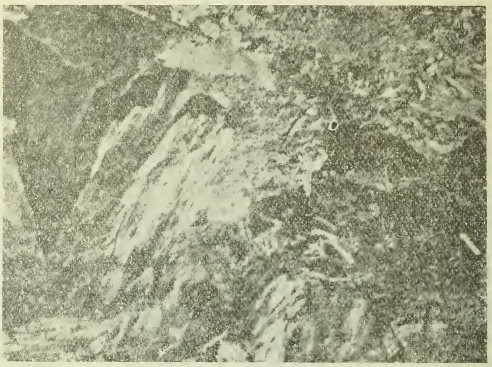

Fig. 11.—Molino de aserrar de Loma Prieta sepultado debajo de 125 piés de escombros

la estacion de Point Reyes un tren de viajeros fué derribado en el momento mismo en que iba a salir. La distancia entre los estribos de un puente sobre el Paper Mill Creek se acortó en 6 piés, i por consiguiente su tablero. En la base de la península de Point Reyes, la falla sigue la ruta de Olema, con lo que se pudo avaluar en 3 i 4 piés el cambio de posicion de las casas vecinas. En fin, la estremidad del muelle de Inverness, en la costa occidental de la bahía de Tomales, se separó del resto de la obra 20 piés hácia el NNW.

El movimiento de la falla produjo efectos mui notables en la estancia de Skinner Ranch. Su fachada principal es para-

lela a la ruta, de la cual está separada por una hilera de cipreses, miéntras que al sur una de eucaliptos se alínea perpendicularmente. La falla pasa entre la casa i esta hilera. El movimiento relativo se midió exactamente por el cambio de posicion de los árboles i por la distancia entre las estremidades de un muro que habia sido cortado. En ámbos ca-

Fig. 12.—La falla cerca de la estacion de Point-Reyes

sos se obtuvo la misma amplitud de 16 piés i 6 pulgadas, la que resultó tambien del exámen de un cerco cuyas estremidades no se correspondieron despues del terremoto. En fin, los rimeros de abono, que se habian puesto debajo de la ventana de la fachada oriental, habian sido empujados a 16 piés i 6 pulgadas tambien. En todos estos casos, el bloque terrestre del oeste parecia haber sido mecido hácia el norte relativamente al del este. Efectos análogos i de la misma amplitud se observaron en la estacion vecina de Shafter Ranch.

Un poco mas al sur, la falla hundió una colina i derribó grandes árboles. En el llano la distancia entre una grande

encina que quedó en pié, i el pié de la colina se aumentó en 16 piés i medio.

En seguida, la falla atraviesa la ruta de Olema que se cortó con disyuncion lateral de sus dos trozos, i, despues de haber pasado un estanque de oríjen sísmico, alcanza la ba-

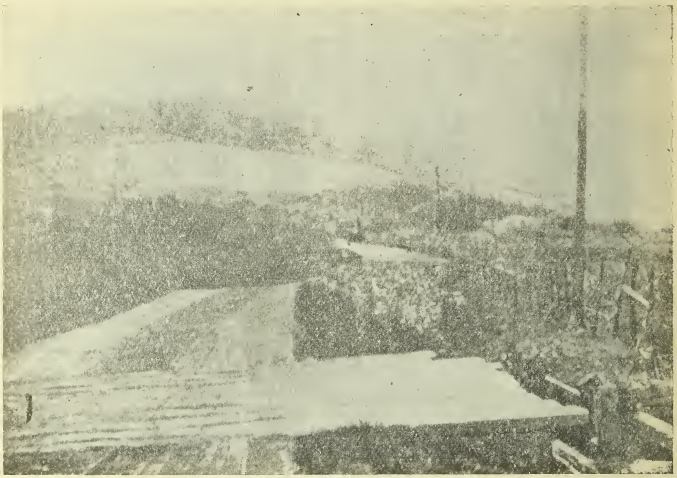

Fig. 13.—Camino cortado con movimiento lateral cerca de Point Reyes Station

hía de Bolinas, donde su trayecto queda visible en la bajamar. El bloque occidental habia sido levantado 3 o 4 piés, con lo que se han quedado en seco rocas cubiertas de almejas i otros mariscos.

La falla desaparece de nuevo en el océano i despues de haber atravesado la Puerta de Oro (Golden Gate) a una distancia de 6 o 7 millas al oeste de San Francisco, vuelve a encontrarse en Mussel Rock en el SW, de esta ciudad para internarse mas i mas en tierra firme a consecuencia de la forma del litoral. Se derribó en parte la ribera escarpada de

Mussel Rock i cerca de ella un declive suave quedó abrupto, miéntras que el choque echó al mar 400 metros de vía férrea hecha recientemente.

Mas allá de este punto, el trayecto de la falla está marcado por estanques i lagos largos i estrechos, entre los cuales los de San Andres i de Crystal Springs se cerraron para

Fig. 14.—La falla cerca de la estacion de Point-Reyes

abastecer de agua potable la ciudad de San Francisco. A pesar de la amplitud grande que tenia todavía en esta rejion el movimiento horizontal a lo largo de la falla, los diques de dichos lagos, uno de tierra apisonada i con zarzos, otro de bloques de cemento encajados entre sí, resistieron perfectamente, una prueba que a lo ménos en ciertos casos i con precauciones cuerdas, se puede resistir a los efectos mas violentos de los terremotos en las circunstancias mas peligrosas, es decir, al movimiento de fractura; no era inútil decirlo

de paso. Al contrario todo el sistema de cañería se desorganizó i las metálicas fueron rotas i telescopiadas.

En seguida, la falla sigue la Cañada del Raymundo, en la que bloques esparcidos en todas partes atestiguan, sin duda alguna desplomes debidos a seismos anteriores. Forma el estrecho i fértil valle de Portolá, que le da su nombre i costea la base de la Sierra Morena en una distancia de 4 o 5 millas de la de Stanford University. Sube despues por un cañon

Fig. 15.—Cerco cortado con movimiento lateral i casa desplomada en el trayecto de la falla Skinner Ranch (Oiema)

hasta una depresion entre dos arrugas paralelas, Monte Bello al este i Castle Rock al oeste, los que antiguos movimientos sísmicos han separado evidentemente. Baja en el valle de Steven's Creek (Arroyo de San José de Cupertino), compuesto de dos trozos de la misma direccion, pero de declives opuestos; mas allá está indicada por una serie de cañadas i de pequeños valles, en uno de los cuales 10 acres de terreno se deslizaron en el terremoto del 18 de Abril.

El túnel de la via férrea entre Laurel i Wrights está escavado en rocas mui fracturadas i dislocadas, i se encuentra a 700 piés debajo de una cañada que marca el curso del accidente tectónico. Esta obra se aplastó i sufrió grandes daños, una prueba de que la falla se meció a lo ménos hasta esta profundidad en las rocas subyacentes.

En el huerto Morrill varios árboles cambiaron de lugar en una distancia de 6 a 8 piés, una amplitud de movimiento

Fig. 16.—Terreno como arado por la falla al norte de la bahia de Bolinas

que se midió tambien por medio de cercos quebrados i disyuntos. Este decremento del movimiento horizontal relativo sigue en la misma proporcion a medida que la línea de dislocacion tectónica se continúa mas al SSE. La estancia del mismo nombre ha sido quebrada en dos partes i mas léjos, la de Fern Gulch se dañó lastimosamente. Se hundieron algunos árboles (Redwood trees) de 4 a 5 piés de diámetro.

En seguida, la falla atraviesa la quebrada de Hinxley, en la que un gran desplome sepultó un molino en el que habia nueve obreros. Atraviesa despues una serie de pequeñas al-

turas i llega a Chittenden Ranch, que se llamaba antiguamente el Rancho de los temblores, hendiendo una colina i cortando una ruta en los alrededores. Encuentra la falla secundaria trasversal del Rio Pájaro debajo de un puente del Southern Pacific Railroad, cuyos estribos se apartaron uno del otro en 3 piés i medio segun unos observadores, o 18 pulgadas solamente segun otros.

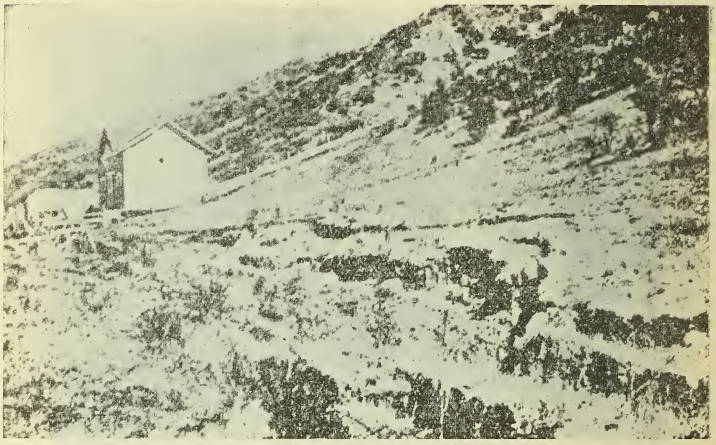

Fig. 17.—Grietas secundarias i hundimiento cerca de Bolinas

Los últimos estragos notables cesan no mui léjos de aquí, en San Juan Bautista, como tambien los movimientos relativos horizontales a lo largo de la gran dislocacion.

Se acaba de seguir la falla sísmica en un curso de 192 millas, i en toda esta enorme distancia, se reconocieron los movimientos horizontales relativos en un número considerable de puntos. Segun algunos observadores, la desnivelacion relativa de los dos compartimientos terrestres habria sido, en el norte, en favor del occidental i, en el sur, en favor del

oriental. Por consiguiente, el movimiento absoluto ha sido harto complejo i se le puede representar gráficamente con esta observacion que el mecimiento horizontal relativo decreció regularmente de norte a sur, variando entre 20 i 4 piés. Esto hace suponer un fenómeno de compresion en el sentido NNW.-SSE. de uno de los dos compartimientos i con

Fig. 18.—Ruptura i mecimiento lateral de un cerco cerca de la linea de Pilarcitos

una amplitud de unos 16 piés, a ménos que, del norte al sur, este mecimiento haya sido paulatinamente absorbido en las fallas trasversales secundarias.

Sea lo que fuere, se trata aquí de un movimiento relativo i, en realidad, las observaciones directas hechas en el terreno despues del terremoto no han permitido deducir nada de positivo en lo tocante al movimiento absoluto de cada uno de los compartimientos terrestres separados por la falla sís-

mica; sin embargo, segun toda probabilidad, parece que el bloque occidental se meció hácia el NNW. i el oriental hácia el SSW. Pero, atendiéndose sólo a las observaciones directas, ha podido tambien suceder con igual verosimilidad que ámbos bloques se hayan mecido hácia NNW., tomando el

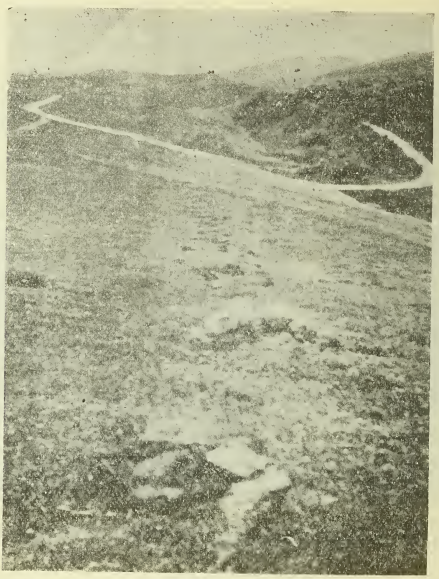

Fig. 19.—Rastros de la falla a lo largo de la línea de Pilarcitos

occidental la delantera sobre el oriental, en una distancia de 20 piés en el norte (Point Arenas) i sólo de 4 piés en el sur (Chittenden). No ha podido resolverse esta cuestion sino por medio de una nueva triangulacion jeodésica, i, no teniendo este problema gran importancia bajo el punto de vista puramente sísmico, bastará reseñar a la lijera los resultados ob-

tenidos por medio de esta revision jeodésica ejecutada el año de 1907 (1).

En el terremoto de 1868, una superficie de unas mil millas cuadradas de la cáscara terrestre, comprendida entre cuatro

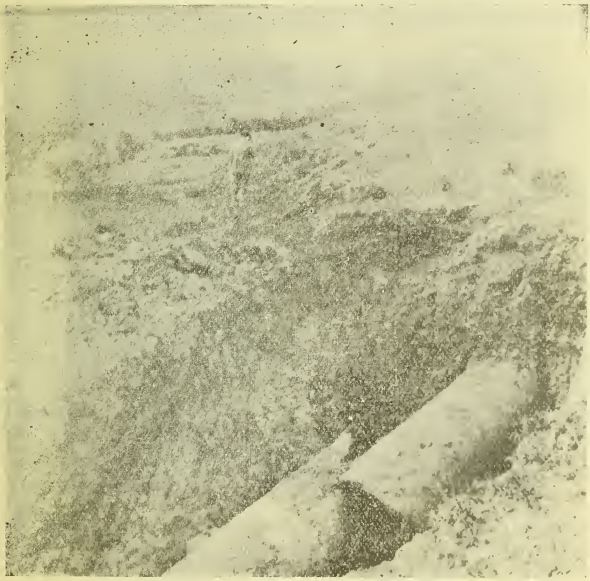

Fig. 20.—Cañeria telescopiada en la linea de Pilarcitos

cúspides de triángulos, los de Monte Tamalpais, Faro de Farallon, Monte Ross i Chaparral, se movió de una manera

(1) John F. Hayford and A. L. Baldwin. The earth movements in the California earthquake of 1906. Coast and geodetic survey. Report for 1907. Appendix n.º 3 p. 69. Wáshington. 1908.

Giulio Costanzi. I resultati della revisione della triangulazione in California dopo il terremoto del 18 Aprile 1906. Revista jeográfica italiana. XV: fascicolo V. Firenze. 1908.

permanente en un azimuto de 10 grados oeste al norte i en una distancia de 1,6 m. Parece que toda esta área se movió como un bloque sólido sin rotacion ni distorsion.

No sucedió lo mismo en el terremoto de 1906. De cada lado de la falla, la cáscara terrestre se movió de una manera permanente, pero en sentido inverso: al oeste de la falla,

Fig. 21.—Cañería de agua en la línea de Pilarcitos aplastadas sobre el trayecto de la falla

hácia el norte i al este de la misma hácia el sur i, en ámbos casos, paralelamente a ella, disminuyendo rápidamente la amplitud del movimiento a medida que se consideran puntos mas alejados, de tal suerte que, mas allá de 6 kilómetros i medio, no hubo movimiento alguno. Para ahorrar un discurso largo, se puede representar gráficamente el movimiento real, tal como resultó de la revision de la triangulacion, tomando de cada lado de la falla cinco cuadrados de la superficie terrestre, iguales entre sí i colocados, ántes del terremoto, sobre una línea perpendicular a la falla, e indi-

cando las nuevas ubicaciones de cada uno de ellos despues del fenómeno. Los costados paralelos a la falla quedaron rectos, puesto que se movieron paralelamente a ella i no

Alrededores de Point Arena

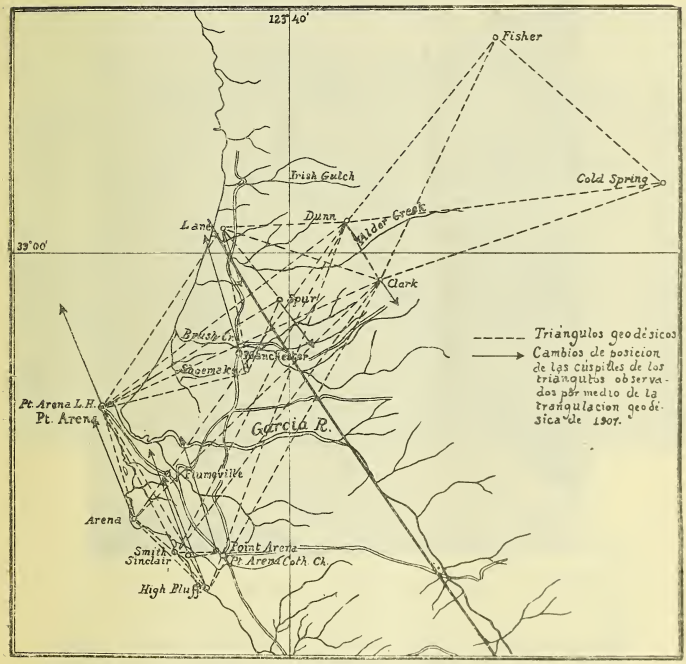

Fig. 22.

cambiaron de lonjitud, miéntras que los costados perpendiculares tomaron una forma curvilínea, al mismo tiempo que cambiaban de lonjitud. El movimiento ha sido mucho mayor al oeste de la falla que al este.

Se han hecho tentativas para darse cuenta del movimiento horizontal verdadero por medio de las direcciones que en muchos puntos de la zona de mayor destruccion se atribuyeron al movimiento sísmico, i se ha querido deducir de

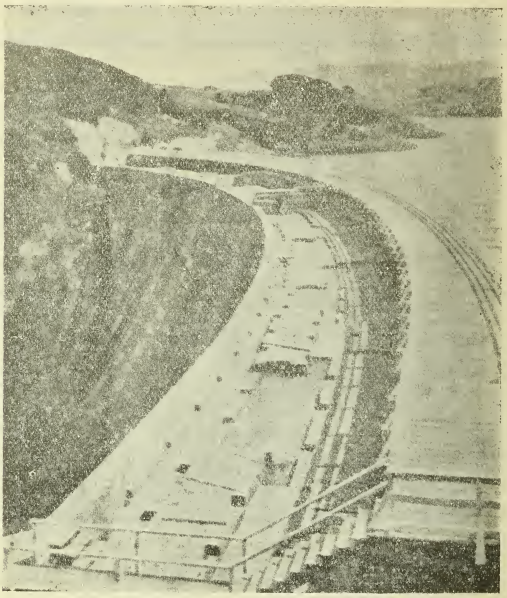

Fig. 23.—Resistencia del dique del lago de Crystal Springs

ellas que ámbos bloques terrestres se habian mecido hácia el NW., o mejor dicho, al NNW. Por desdicha, la sismolojía moderna enseña cuán poco se puede contar con este método, puesto que, por su naturaleza misma, la direccion del movimiento sísmico no tiene nada de definido. Si se pudiese afirmar que se han observado las direcciones de la mayor elongacion de una partícula terrestre, el resultado aludido ten-

dria mayor certeza, pero no parece ser así, de suerte que la cuestion del movimiento absoluto queda provisoriamente sin resolver.

No seria la primera vez que semejante cambio de relieve hubiera sido observado en la Sierra costanera.

Fig. 24.—Casa cortada en el trayecto de la falla cerca de la estacion de Wright

Comparando entre sí las operaciones jeodésicas de 1851 i 1882 se creyó poder afirmar que en este intervalo de tiempo la cúspide de Tamalpais se ha mecido 5 piés, 6 hácia el N. 12° W., una direccion que no difiere mucho de la falla sísmica, i se debe pensar que esta perturbacion ha resultado del terremoto de 1868. Pero un cambio de posicion de dicha magnitud de mas de 5 piés es demasiado aproximado al de los errores de observacion en jeodesia i las operaciones de 1851 son por su parte demasiado antiguas para que se pueda admitir el resultado con toda certeza.

Por haber principiado bruscamente cerca del Cabo Mendocino el terremoto de 1906 con toda su intensidad, o mejor dicho el movimiento horizontal de la falla sísmica con su amplitud máxima, se ha pensado que, segun todas probabilidades, la falla sísmica se ha mecido tambien a lo largo de su

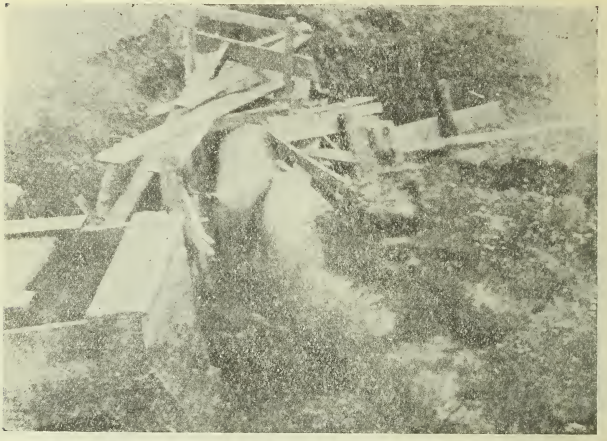

Fig. 25.—Cañeria de agua de la línea de Pilarcitos dañada en el trayecto de la falla

trayecto submarino hipotético, i al norte de Point-Arenas, en una lonjitud igual a la que se observó hácia el sur hasta Chittenden, es decir unas 200 millas mas. Bien puede ser así pero no se sabe nada a este respecto.

En fin aplicando los métodos ordinarios de la sismolojia, al diagrama obtenido el 18 de Abril de 1906 en el observatorio Lick del monte Hamilton, se ha fijado en la bahía de Tomales el centro del terremoto. Es casi supérfluo observar que en un caso semejante toda nocion de centro desaparece como ilusoria i es menester que la del epicentro haya echado raices mui profundas en el espíritu de los sismólogos

para que se piense todavía en calcular su posicion cuando se trata de un movimiento tectónico que orijinó en el mismo instante a lo largo de una dislocacion tectónica de 200 millas de lonjitud.

Parece difícil concebir cómo un bloque terrestre hubiera sufrido un cambio de posicion en una lonjitud de 200 millas, sin que otras fallas se hayan mecido tambien. Se tienen al-

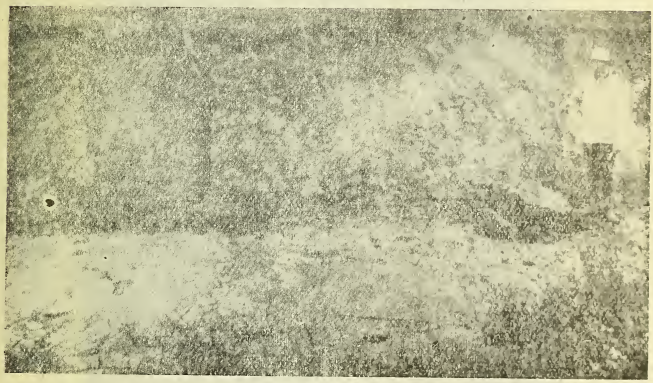

Fig. 26.—Hundimiento de terrenos aluvionales en el Valle del Rio Pajaro

gunas observaciones que militan en este sentido, i se puede seguir en el terreno una linea paralela a la falla sísmica i a lo largo de la cual se produjeron grietaduras i otros fenómenos del mismo jénero, pero en una escala menor que a lo largo de la de San Andres Portolá. Esta segunda línea de efectos tectónicos principia en la Punta Delgada del macizo del Cabo Mendocino i va a desaparecer en el valle de Sonoma al SW. de Santa Rosa. Esta ciudad ha sido particularmente destrozada el 18 de Abril, sin que a pesar de todo, la naturaleza de su suelo i la distancia a la falla principal, basten para dar cuenta de la violencia del choque que padeció.

Se puede suponer un movimiento tectónico a lo largo de esta falla paralela con tanta mas probabilidad cuanto que en muchos puntos vecinos a ella se produjeron cambios de posicion en hileras de árboles, por ejemplo, en el huerto de Burbank de Sebastopol, una comarca en que se abrió una

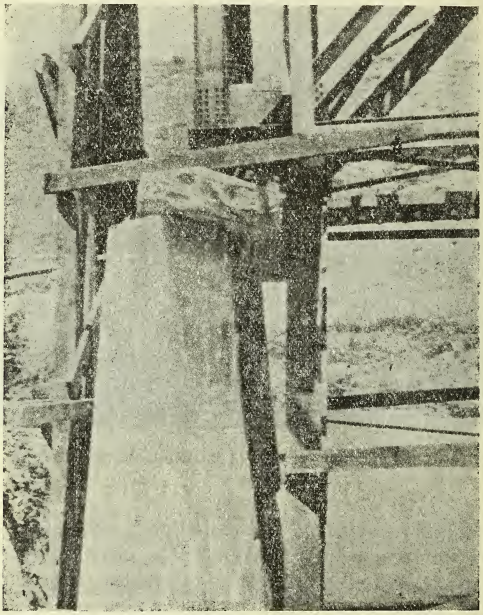

Fig. 27.—Machon de cemento dañado. Puente sobre el Rio Pájaro

hendidura de un cuarto de milla de largo i se trasladó una poza hácia el NW.

En el prolongamiento jeográfico de la misma línea, al este de la bahía de San Francisco, se abrieron grandes grietas en Sobrante (Condado de Contra-Costa). Sin embargo, el suelo

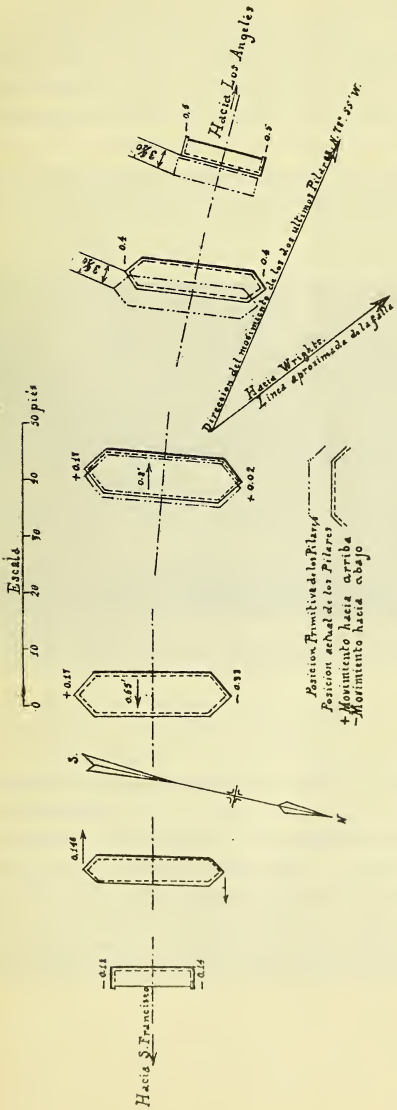

Fig. 28.—Cambio de posicion de los pilares del puente del Rio Pájaro

es aquí demasiado movedizo para afirmar que se trata de efectos tectónicos verdaderos i no de efectos secundarios de las ondas sísmicas propiamente dichas; pero la distancia trasversal a la falla sísmica San Andres-Portolá es bastante grande para venir en apoyo de la primera hipótesis.

Esta línea de dislocacion es secundaria en el sentido de que el 18 de Abril de 1906 ha sido el teatro de movimientos menores que los observados a lo largo de la falla sísmica principal.

Fig. 29.—Camino cortado por la falla cerco de Skilands (Santa Cruz County)

En el norte, corresponden aquellas al valle del Rio Eel i, hácia el sur, traspasa la bahía de San Francisco. En Milpitas i San Alvito, se abrieron numerosas grietas de donde salieron masas de agua, de arena i de lodo que formaron pequeños conos con cráteres, un fenómeno bien conocido en los grandes terremotos. Aunque el hecho no haya sido probado completamente hasta la fecha, se admite jeneralmente ahora que estos conos se alínean superficialmente a lo largo de fracturas subterráneas profundas, lo que vendria en apoyo de la realidad i de un movimiento tectónico. En fin, la mag-

nitud de los daños en San José i en Aguews Asylum suministra en este sentido otro argumento mas.

A pesar de que la dislocacion tectónica del 18 de Abril no haya producido en el terreno efectos de consideracion al sur de Chittenden, la topografía sísmica no desaparece por esto:

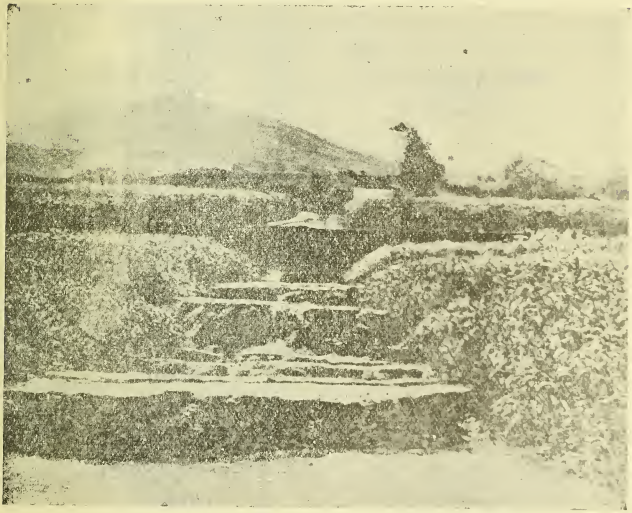

Fig. 30.—Terreno aluvional sembrado de trigo i hundido en escalones en el Valle del Rio Salinas

al contrario, se continúa mui léjos hácia el SE. como se espone en seguida.

A 50 millas de esta villa i en el prolongamiento de la falla sísmica, el terremoto se hizo sentir tan fuertemente en Priest Valley como en San Francisco, miéntras que no fué observado sino débilmente en Lone Oak i en Pinnacles, ámbos puntos cuya distancia trasversal a la falla no excede de 10 millas solamente. Se tiene pues el derecho de pensar que

el movimiento tectónico no cesó en las cercanías de Chittenden, pero, mas allá, disminuyó bastante para no producir efectos superficiales visibles en esta comarca casi despoblada.

Hai tanta mas razon de seguir hácia el SSE. el estudio de la topografía sísmica cuanto que, en el terremoto del 21 de

Fig. 31.—Direcciones del movimiento sísmico en diferentes lugares cerca de la falla

Octubre de 1868, la misma falla se meció en una parte de su curso, la que, al mismo tiempo, es ménos setentrional i mas meridional, i se estiende entre la bahía de Tomales i la planicie de Carriza.

Sin embargo, segun el parecer de algunos jeólogos, el movimiento de 1868 se habria producido sobre todo a lo largo de la falla paralela situada al este de la bahía de San Francisco, de la que se acaba de hablar con ocasion del terremo

to de 1906. Habria sufrido en 1868 un movimiento lateral de 4 piés en una parte que se abrió de nuevo en una lonjitud de 10 millas al sur de Haywards.

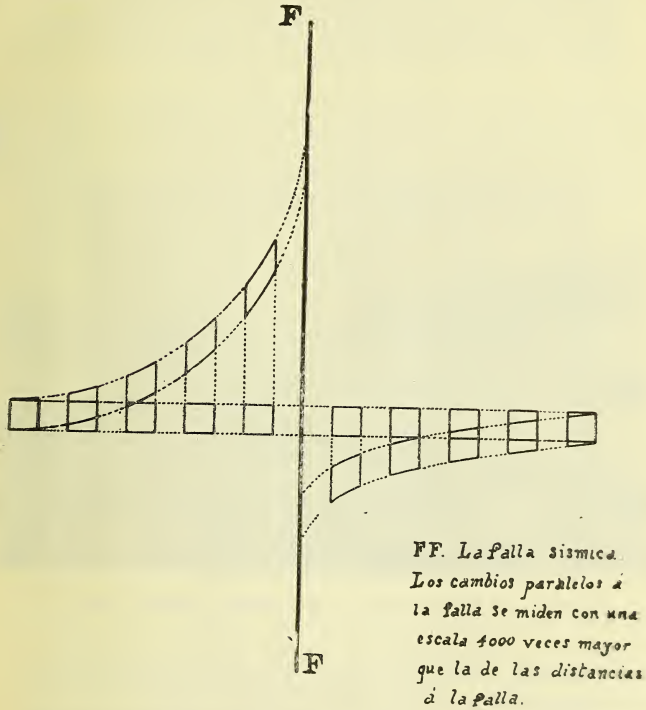

Fig. 32.—Cambios de posicion i de forma de cuadrados situados al oeste i al este de la falla

Por este motivo, este terremoto ha sido mas fuerte en Oakland que en San Francisco i tambien en San Leandro i Haywards que en Oakland. Sea lo que fuere, es difícil actualmente decidir entre el movimiento de una u otra falla, a

consecuencia de la duracion del tiempo trascurrido i de lo insuficiente de las observaciones hechas en 1868.

Sin embargo, a pesar de la opinion en favor de la falla oriental, las 15 o 20 olas sísmicas que invadieron entónces a las orillas del mar en Cliff-House al SW. de San Francisco, hacen pensar que se meció la falla occidental, o sea la de

Fig. 33.—Lago Alkali, formado por hundimiento al norte de Bakersfield

Tomales-Portolá, lo que confirmaría tambien la comparacion, ántes aludida, entre las operaciones jeodésicas de 1851 i las de 1882, segun las cuales se habria mecido en este intervalo de tiempo, es decir en 1868 con todas probabilidades, la cúspide del Tamalpais, punto mui cercano al trayecto de esta última falla.

Mas allá de Chittenden, la falla sísmica se estiende hácia el SE. sin cambiar de direccion, siguiendo el eje del valle de Cholame i la planicie de Carriza. En el condado de San Be-

nito, ha determinado la posicion de las estancias a consecuencia de los manantiales de agua a los que ha dado lugar, como se ha esplicado ántes; San Juan se encuentra sobre una eminencia inclinada suavemente hácia el SE. cuyo declive abrupto hácia el NE. pertenece a la línea de dislocacion i domina fuentes que brotan en su base. El accidente costea la sierra de Gabilan i movimientos tectónicos mas o ménos antiguos han obligado a cambiar de curso a un rio

Fig. 34.—Pequeño lago formado por la falla del terremoto de 1872 en el Valle de Owen

que fluia en el cañon de San Juan; mas léjos, cerró el valle de Ciénaga en que se formó un pantano detras de un monton de cascajos levantado por un movimiento tectónico. En seguida la falla se manifiesta por una notable depresion de una milla de largo i de oríjen sísmico evidente, prolongándose por una serie de arrugas, de hoyos i de estanques hasta Bittervalley i en el condado de Monterrey. Al sur de San Benito, un bloque aislado, en forma de «Klippe» de una altura de 200 piés i abrupto hácia el este, es el indicio del tránsito de la dislocacion.

Mas allá, la dislocacion ha perturbado tanto el relieve an-

terior, que el valle seco (Dry Valley) ha perdido todo derrame superficial de aguas. Despues de esta depresion, el accidente se muestra a lo léjos bajo la apariencia de una escarpa montañosa en la misma direccion i atraviesa un pequeño valle por una arruga que se asemeja de singular manera a un terraplen de via férrea. Grandes desplomes de terreno, que los ajentes atmosféricos de erosion i de denudacion no han tenido todavía el tiempo de arrastrar, atestiguan movimientos tectónicos recientes, talvez los de 1868, en los valles de Lewis Creek, Peach Tree i Stone Cañyon hasta el de Cholame, en que la falla se bifurca momentáneamente en los dos ramales que señalan respectivamente una linea de colinas i otra de depresion i de lagos.

En seguida, la falla llega a la planicie de Carriza, a la que sigue en una distancia de 50 millas en el desierto i en la que su curso está marcado por una línea de colinas de 200 a 300 piés de altura. Las pruebas de los movimientos tectónicos se acentúan mas a medida que se dirijen hácia el SSE. i las corrientes de agua no han podido salvar todavía las arrugas de orijen sísmico, miéntras que algunos lagos temporarios ocupan el fondo de las depresiones durante el invierno. Entre los valles de Cholame i de San Bernardino, una escarpa larga, pero baja, representa, al pié de una arruga mas alta i mas antigua, los efectos del movimiento tectónico de 1857, es decir, del terremoto dicho de Fort Tejon.

La dislocacion sigue un cañon de 300 piés de profundidad cuyo orijen sísmico es incontrastable i atraviesa la linea de particion de las aguas en el cañon de San Emigdio hasta el valle de Cuddy. Recordándose que este santo es el patron de los temblores, bien podria ser que este nombre haya sido aplicado por los españoles o los mejicanos a un lugar mui espuesto a estos fenómenos.

Mas léjos la falla alcanza el paso de Tejon i, en una distancia de unas 200 millas, se encorva lijeramente hácia el este, desviándose así de la direccion recta que tenia desde Point-Arenas. Una parte bastante larga de la antigua ruta de carruajes entre Los Anjeles i Bakersfield sigue el valle

de la falla i ha sido mui destrozada por el terremoto de 1857.

En seguida, la dislocacion está marcada por fuentes, pantanos i valles largos i estrechos; atraviesa, en fin, el lago Elisabeth al sur de la estacion de Palmsdale del Southern Pacific Railroad, cerca de la cual se muestran arrugas i depresiones notables; una de estas últimas ha sido aprovechada como depósito de aguas; pasa la sierra de San Gabriel en la altura de 7,000 piés; el Cajon Pass i el cañon largo i estrecho de Lone Pine alinean su curso. Mas allá, la falla separa la sierra de San Bernardino del desierto Mohave; i, a lo largo de su carrera, una capa impermeable, debida a movimientos tectónicos evidentes, detiene el curso de las aguas, formando fuentes i pantanos, cuya existencia en esta rejion árida presenta la mayor importancia económica i agrícola.

Mas allá el accidente tectónico se aleja del macizo montañoso de San Jacinto i, encorvándose mas al este, desaparece en fin en el desierto, en donde ciertos jeólogos creen reconocerlo en el desierto de Coahuilla i en la cuenca de Salton.

Despues de medio siglo, los efectos del terremoto de 1857 sobre el relieve son perfectamente evidentes, miéntras que, sin duda, los de 1906 se borrarán pronto. Aquel acontecimiento sísmico ha sido, pues, incomparablemente mas violento que éste; pero, por desdicha, tuvo lugar en una rejion entónces despoblada i en una época en que las observaciones científicas no existian todavía en California.

Sin embargo, los hechos recordados bastan, a pesar de su imprecision, para dar una idea jeneral de la importancia considerable de este terremoto tectónico, al que señalaron numerosas perturbaciones en el réjimen de los rios Mokelumne, Anjeles i otros, así como en el del lago Tulare; en el valle de Santa Clara, algunos pozos artesianos cesaron de lanzar sus aguas, miéntras que se aumentó la cantidad vertida por otros.

El carácter tectónico del terremoto de 1857 se manifestó por otros muchos efectos ademas de los que han sido recordados al describir la falla sísmica mas allá de la planicie de

Carriza: en el valle de San Gabriel, se abrió, en muchas millas de largo, una fractura que el rio tuvo que seguir; una larga grieta hendió el macizo de San Bernardino; en Fort Tejon, se derribaron árboles, i se pudo notar, en una distancia de 40 millas, una fractura de 20 piés de ancho; en ciertos puntos, sea por haberse cerrado las paredes de la dislocacion o sea por el movimiento horizontal que se debe suponer por analojía, se produjo una arruga de 7 piés de ancho i de 3 o 4 de altura. Por consiguiente, i a pesar de lo insuficiente de las observaciones no cabe duda de que el terremoto de 1857 correspondió a un movimiento tectónico como los que se produjeron en 1868 i en 1906; pero tuvo lugar en otras porciones del inmenso curso del accidente, accidente que se estiende en una lonjitud total de 550 millas. No son éstas sino las fases sucesivas del «processus» que ha permitido aplicar, con mucha razon, el epíteto de *sísmica* a la topografía de la Sierra costanera de California, la que, despues de haber principiado a fines de la época miocénica, no parece haber cesado de enjuvenecer de nuevo, en cada terremoto, un relieve que va paulatinamente borrándose por los ajentes esteriores de destruccion. Bajo este punto de vista, el terremoto de 1906 no tuvo nada de escepcional; al contrario, ha sido, sin duda, mucho menor que el de 1857, si se comparan sus efectos respectivos sobre el terreno. Pero ¿qué son estos sucesos en comparacion de los que en la noche de los tiempos ante-históricos han producido escarpas peñascosas de mas de 1,000 piés de altura i, en fin, han edificado la Sierra costanera a lo largo del Pacífico, i quién podria decir o prever lo que reserva el futuro a esta rejion tan inestable?

Santiago, 25 de Junio de 1908.

CONDE DE MONTESSUS DE BALLORE.

TRAYECTO
DE LA
FALLA SISMICA DE CALIFORNIA
Escala
Millas Inglesas
Bahia de Humboldt
EUREKA
Cabo Mendocino
Point Delgado
Shelter Cove
Camp. Bragg
Punta Arenas
Manchester
Gualala
Fort Ross
Bodega Head
Bahia de Tomales
Santa Rosa
Point Reyes
Inverness
Olema
Bahia de Bolinas
Cliff House
Golden Gate
SAN FRANCISCO
Mussel Rock
Oakland
San Leandro
Lago Bilarcito
Mt. Crystal Springs
Universidad de Stanford
Tunel de Wrights.
Monte Hamilton
Observatorio Lick
Bahia de Monterey
Sierra del Monte Diablo o Coast Range
Chalame
Carrizo
Bakersfield
S. Emigdio
Fort Tejon Pass
German Ranch
Gormans
Lago Elisabeth
Mt. Pinos
LOS ANGELES
San Bernardino
Mts. Gabriel
Cajon Pass
San Bernardino Range
S. Bernardino
Cabezilla
Mt. San Jacinto
Salton Basin
PACIFICO
OCEANO